

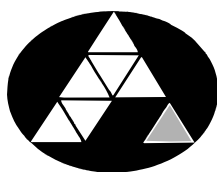
POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutusohjelma

Markku Kolehmainen

TYÖN TUOTTAVUUS JA UUDISTAMISEN LAATU MÄNNYN
KONEELLISESSA KYLVÖSSÄ TURVEMAILLA HAVEL-
JYRSIMELLÄ

Opinnäytetyö
Helmikuu 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2012
Metsätalouden koulutusohjelma

Sirkkalantie 12 A
80100 JOENSUU
p. (013) 260 6900

Tekijä
Markku Kolehmainen

Nimeke
Työn tuottavuus ja uudistamisen laatu männyn koneellisessa kylvössä turvemaidella Havel-jyrsimellä

Toimeksiantaja
Metsäntutkimuslaitos

Tiivistelmä

Ilomantsilainen Hassisen Veljekset Oy on kehittänyt uuden jyrsintyyppisen kaivinkoneeseen kauhan paikalle asennettavan maanmuokkaimen. Muokkain sekoittaa viisitoista senttimetriä pitkällä terillään humus- ja turvekerroksen ja syntyneen kerrostuman olisi laitevalmistajan mukaan tarkoitus olla hyvä kukkapenkkimäinen kasvualusta siemenelle ja taimelle.


Opinnäytetyössä vertailtiin Havel-jyrsimen ja perinteisen kaivinkonelaikutuksen työn tuottavuutta ja uudistamisen laatua männyn koneellisessa kylvössä turvemaidella. Vertailu suoritettiin perustamalla touko-kesäkuussa maastokokeet kolmelle metsänuudistamisalalle Ilomantsiin, Lieksaan ja Enoon. Työn tuottavuuden tutkimista varten maastokokeiden työsuoritukset videoitiin asentamalla kamera kaivinkoneen ohjaamoon. Uudistamisen laatu eli kylvötulos selvitettiin inventoimalla sirkkataimet elokuussa.

Työntuottavuudeltaan eli ajanmenekeiltään ja tuntituottavuudeltaan laikutus ja jyrsintä ovat lähes tasavahvoja, eikä käsittelyjen välillä ole tilastollisesti merkitseviä eroja. Kylvötuloksia tarkasteltaessa kävi ilmi, että kaivinkonelaikutus on selvästi onnistuneempi uudistamismenetelmä Ilomantsin ja Enon kohteissa, kun taas Lieksassa menetelmät olivat lähes tasavahvoja jyrsinnän ollessa hiukan onnistuneempi menetelmä.

Kieli
suomi

Sivuja 37
Liitesivuja 1

Asiasanat
männyn uudistaminen, maanmuokkaus, koneellinen kylvö, turvemaa

 <p>NORTH KARELIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</p>	<p>THESIS February 2012 Degree Programme in Forestry Sirkkalantie 12 A FIN 80100 JOENSUU FINLAND Tel. 358-13-260 6900</p>	
<p>Author(s) Markku Kolehmainen</p>		
<p>Title Productivity of Work and Quality of Regeneration in Mechanical Sowing in Peat Soil by HaVel-device</p> <p>Commissioned by Finish Forest Research Institute (Metla)</p>		
<p>Abstract</p> <p>Hassisen Veljekset Ltd from Ilomantsi has developed a new notary tiller type soil preparation device mostly for peat soils. It can be installed on an excavator. This new device mixes the humus and peat layer with its fifteen centimeter long blades. According to developers of the device, the preparation spot, made by this device, should provide good growing conditions for seeds and seedlings.</p> <p>The thesis compared this new HaVel device to traditional patch scarification. The purpose was to find out which is better in terms of productivity and quality of regeneration in mechanical sowing of pine in peat soils. Comparison was made in May-June by establishing three regeneration areas, located in Ilomantsi, Eno and Lieksa. The productivity of these two methods was studied by installing a camera into an excavator. The results of sowing were found out by inventorying the seedlings in August.</p> <p>The results of this research indicate that the two soil preparation methods are quite equal when it comes to productivity and time spent in regeneration. The sowing result was much more successful in traditional patch scarification in Ilomantsi and Eno, whereas in Lieksa this new device was a little bit more successful.</p>		
<p>Language Finnish</p>	<p>Pages 37 Pages of Appendices 1</p>	
<p>Keywords</p> <p>regeneration of pine, soil preparation, mechanical sowing, peat soil</p>		

SISÄLTÖ

1	Johdanto	5
2	Männyn uudistaminen ja siihen vaikuttavat tekijät	6
2.1	Männyn uudistaminen	6
2.2	Männyn uudistaminen turvemailla	6
2.3	Maanmuokkaus	8
2.4	Koneellinen kylvö	10
2.5	Itäminen ja taimettuminen	10
2.5.1	Sääolot	10
2.5.2	Pintakasvillisuus ja puusto	11
2.5.3	Karike ja humus	12
2.5.4	Maalaji	12
2.5.5	Pinta- ja pohjavesi	12
2.6	Siemensyönti	13
2.7	Rouste	13
3	Tutkimuksen tavoitteet	14
4	Menetelmät ja aineisto	14
4.1	HaVel-maanmuokkain	14
4.2	Maastokohteet	15
4.3	Aineiston käsittely	19
4.4	Sääolot	19
5	Tulokset ja tulosten tarkastelu	23
5.1	Työntuottavuus	23
5.2	Uudistamisen laatu	27
5.3	Siemenmäärät	32
5.4	Luontainen uudistuminen ja siemensyönti	34
6	tulosten Pohdintaa	34

1 JOHDANTO

Suomessa vanhojen ojitusalueiden uudistaminen on ollut toistaiseksi melko vähäistä, koska uudistuskypsäksi ehtineitä metsiä niillä on ollut harvassa. Varttuneiden kasvatusmetsien osuus on kuitenkin suuri, lähes miljoona hehtaaria. Tämä tarkoittaa sitä, että jo lyhyen ajan sisällä turvemaiden uudistaminen tulee olemaan arkipäivää, joten turvemaiden kasvupaikkojen ja niille sopivien uudistamismenetelmien tunteminen sekä niiden kehittäminen ja jalostaminen nousevat arvoon arvaamattomaan.

Ilomantsilainen Hassisen Veljekset Oy on kehittänyt turvemaille kaivinkoneen puomiin kiinnitettävän jysintyyppisen maanmuokkaimen, joka sekoittaa humuksen pyrkien luomaan mahdollisimman otolliset olosuhteet siementen itämiselle ja sirkkataimien kasvuun lähdölle. Menetelmän toimivuudesta ei ollut kuitenkaan vielä kokeellista näyttöä.

Tässä tutkimuksessa paneudutaan HaVel-maanmuokkaimen työn tuottavuuteen sekä uudistamisen laatuun männyn koneellisessa kylvössä turvemilla. Tutkimus kuuluu yhtenä osana Metsäntutkimuslaitoksen Metsänhoitotöiden koneellistamis-hankkeeseen, joka taas kuuluu osana Metsänhoidon kustannustehokkuuden ja laadun tutkimus- ja kehittämisohjelmaan. Ohjelman tavoitteena on kääntää metsänviljely- ja taimikonhoitotöiden yksikkökustannukset laskusuuntaan. Tutkimus on saanut Pohjois-Savon ELY-keskuksen myöntämää rahoitusta Euroopan unionin sosiaalirahastolta.

Tutkimuksen ohjaajina toimi ammattikorkeakoulun puolelta lehtori Raimo Hulmi sekä Metsäntutkimuslaitoksen puolelta tutkijat Pekka Helenius, Veli-Matti Saarinen ja Juho Rantala.

2 MÄNNYN UUDISTAMINEN JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

2.1 Männyn uudistaminen

Vuonna 2009 Suomessa uudistettiin metsiä yhteensä 141 000 hehtaaria, josta viljelyn osuus oli 123 000 hehtaaria ja luontaisen uudistamisen osuus 18 000 hehtaaria. Männyn osuus metsänviljelystä oli 42 %, eli noin 60 000 hehtaaria. Kylvön osuus männyn viljelyssä oli 52 %, eli noin 27 000 hehtaaria, josta 72 % kylvettiin koneellisesti ja 28 % käsin. (Metsäntutkimuslaitos 2010.)

Kun mänty uudistetaan kylväen, pyritään saamaan kasvatustiheydeksi 4000–5000 tainta hehtaarille, joka on korkealaatuisen tukkipuun kasvatuksen edellytys. Kylvö uudistamismenetelmänä sopii hyvin kuiville ja kuivahkoille kivennäismaille sekä puolukka- ja varputurvekankaille. Tuoreille kankaille ja hienojakoisille maille uudistamismenetelmäksi suositellaan istutusta. Luontainen uudistaminen soveltuu parhaiten kuivahkoille kankaille tai sitä karummille kankaille. Luontaisen uudistamisen edellytys on, että alueella on tarpeeksi hyviä siemenpuiksi kelpaavia mäntyjä sekä alueen lämpösumma on riittävä (≥ 900 d.d.) määrällisesti ja laadullisesti hyvän siemensadon tuottamiseen. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006.)

2.2 Männyn uudistaminen turvemailla

Turvemaiden uudistaminen on yleensä epävarmempaa ja tämän vuoksi taloudellisestikin riskialttiimpaa kuin kivennäismaiden uudistaminen. Taloudelliset riskit voidaan minimoida tunnistamalla kasvupaikka, tuntemalla kasvupaikkaan liittyvät ongelmat ja valitsemalla näiden perusteella oikea uudistamismenetelmä. Tyypillisimpiä ongelmia turvemailla ovat vesoittuminen, ravinne-epätasapaino, kuntaantuminen, kuivatustarve sekä kivennäismaita huomattavasti suuremmat taloudelliset investoinnit. (Ruotsalainen 2007, 22.)

Turvemailla männyn kylvöä suositellaan uudistamismenetelmäksi puolukkaturvekangas I:lle ja sitä karummille kasvupaikoille ja alueille, joissa taloudellisesti ajateltuna istutus ei ole varteenotettava vaihtoehto. Istutusta suositellaan käyttämään herkästi heinittyvillä ja vesottuvilla mustikkaturvekankailla sekä myös yleensä runsaasti hieskoivua kasvavilla ja vesottuvilla puolukkaturvekangas II:lla. Kylvämällä päästään hyviin uudistamistuloksiin varmemmin kuin luontaisella uudistamisella, varsinkin huonoina siemenvuosina, ja vältetään myös erilliseltä siemenpuiden korjuulta. Kylvöllä pystytään myös hyödyntämään jalostuksella aikaan saadut lisäykset kasvussa ja puun laadussa. Ennen kylvöä uudistusalan maa muokataan kasvupaikalle ja uudistamismenetelmään sopivalla menetelmällä. Turvemaille parhaiten soveltuvat maanmuokkausmenetelmät ovat toistaiseksi olleet kaivurilaikutus sekä laikku-, kääntö- ja naveromätästys. (Ruotsalainen 2007, 24.)

Turvemailla männyn luontainen uudistaminen, aivan kuten kylvökin, soveltuu parhaiten puolukkaturvekankailla ja sitä karummille kasvupaikoille. Edellytyksenä luontaiselle uudistamiselle on, että uudistettava puusto on hyväkuntoista, eikä siinä ole ravinnepuutoksia tai versosurmavaurioita. Myöskään runsasta määrää hieskoivua tai hieskoivualiskasvosta ei saisi olla, koska tällaiset kohteet vesoittuvat herkästi ja näin ollen häiritsevät taimien alkukehitystä. Luontaiseen uudistamiseen pyrkivä siemenpuuhakkuu pyritään ajoittamaan hyvän siemenvuoden edelle. Hyviä siemenvuosia on männyllä Etelä-Suomessa 6-7 vuoden välein ja Pohjois-Suomessa hiukan harvemmin. Tyydyttäviä siemenvuosia tulee kuitenkin yleensä 2-3 vuoden välein. Siemenpuuhakkuun seurauksena valon ja ravinteiden määrät lisääntyvät. Tällä on myös siemenmäärää lisäävä vaikutus, joskin muutaman vuoden viiveellä. Uudistusala raivataan taimettumista haittaavasta puustosta ja laikutetaan tai mätästetään. (Ruotsalainen 2007, 25.)

Turvemailla luontaisen uudistamisen ja kylvön tulokset vaihtelevat suuresti pohjavedenpinnan tason, sääolojen ja ensikertaisen ojituksen jälkeisen pintakasvillisuuden kehitysvaiheen mukaan. Kuivalla kunta- tai turvemaapinnalla siemen ei idä, toisaalta osan aikaa vesipeitteisessä laikussa sirkkataimi tukehtuu tai nousee maasta rousteen vaikutuksesta. (Ruotsalainen 2007, 26.)

2.3 Maanmuokkaus

Maanmuokkauksen päätavoitteena on parantaa siementen itämisen ja taimien alkukehityksen kannalta tärkeitä maan ominaisuuksia, jolloin metsänuudistuminen onnistuu varmemmin ja taimikon varhaiskehitys nopeutuu. Lisäksi muokkaus helpottaa istuttamistyötä, parantaa luontaisen taimettumisen edellytyksiä ja vähentää tuhoja. (Luoranen, Saksa, Finér & Tamminen 2007, 7.)

Maanmuokkauksella pystytään parantamaan alueen vesitaloutta. Päätehakkuussa poistetaan haihduttava puusto yleensä lähes kokonaan, jolloin pohjavesipinta nousee ja maaperään jää enemmän vettä. Vesitalousongelmia saatetaan esiintyä etenkin keväisin lumien sulaessa ja kerryttäessä vettä maahan. Ojituksella ja maanmuokkauksella estetään varsinkin istutettujen taimien kärsiminen liiallisesta märkyydestä. (Luoranen ym. 2007, 19.)

Maanmuokkauksella pyritään saamaan siemenille hyvät itämisolot. Siemenet pääsevät paljaalla kivennäismaapinnalla kosketukseen maaveden kanssa ja siten ne pystyvät imemään itämisessä tarvittavan kosteuden maasta. Toisaalta, jos kivennäismaahan sekoitetaan humusta, se lisää kasvualustan vedenpidätyskykyä ja näin ollen parantaa siementen itämisolosuhteita, etenkin karkeilla mailla. (Luoranen ym. 2007, 19.)

Maanmuokkaus nostaa maan lämpötilaa, sillä paljastettu kivennäismaa lämpeene nopeammin kuin kasvillisuuden peittämä orgaaninen humuspinta. Tästä on hyötyä juurten kasvulle, etenkin keväisin, sillä mitä nopeammin maa lämpeene, sitä nopeammin päästään juurten kasvulle suotuisaan lämpötilaan. Kohonnut lämpötila nopeuttaa myös ravinteiden vapautumista humuksesta. (Luoranen ym. 2007, 20.)

Taimet kilpailevat pintakasvillisuuden kanssa valosta, vedestä, ravinteista ja kasvutilasta. Pintakasvillisuus voi rehevillä paikoilla hukuttaa taimet alleen tai vahingoittaa niitä kaatuessaan taimien päälle. Maanmuokkauksella saadaan pintakasvillisuuden taimien kehitykselle aiheuttamat haitat vähenemään kohteen sijainnista, viljavuudesta ja muokkaustavasta riippuen 1-5 vuodeksi muok-

kauksesta eteenpäin, Pohjois-Suomessa jopa kymmeneksi vuodeksi eteenpäin. (Luoranen ym. 2007, 22.)

Maanmuokkaus vähentää riskiä altistua tukkimiehentäin tuhoille, jos taimen ympärillä on vähintään 15cm leveä kivennäismaa alue. Vaikka muokkausjäljen pinta olisi humusta, tai siihen on sekoittunut reilusti humusta, on tukkimiehentäin syöntiriski silti pienempi kuin muokkaamattomilla mailla. Kylvötaimilla riski on pienempi kuin istutustaimilla. Tukkimiehentäin syöntipaineen ollessa suurimmillaan (1-3 vuotta hakkuusta), kylvötaimet ovat yleensä vielä liian pieniä tukkimiehentäin ravinnoksi. (Luoranen ym. 2007, 25.)

Maanmuokkaustavoilla, joilla tehdään kohoumia, voidaan vähentää jonkin verran myös hallatuhoja, sillä kylmä ilma valuu painanteisiin ja mättäällä oleva taimi on paremmin suojassa lieviltä halloilta. Kohoumat routaantuvat kuitenkin herkemmin ja syvemmältä kuin maanpinnan tasalla olevat muokkausjäljet. (Luoranen ym. 2007, 25.)

Maanmuokkaus helpottaa viljelytyötä, sillä sekä istutus että kylvö helpottuvat, kun maanpintaa on rikottu. Työn laatu on parempaa muokatulla kuin muokkaamattomalla maalla. Nämä tekijät yhdessä alentavat taimikon perustamisen kustannuksia, kun tarkastellaan kokonaisuutta taimikon perustamisesta taimikonhoitoon saakka. (Luoranen ym. 2007, 25.)

Laikutuksessa humus poistetaan laikuittain kivennäismaan pinnalta. Kylväen ja luontaisesti uudistettavilla kohteilla humusta voi joissain kohdissa jäädä laikkuun turvaamaan ravinteiden saatavuuden sirkkataimille. Turvemailla laikutuksella poistetaan elävä sammalkasvusto ja suurin osa raakahumuskerroksesta ja paljastetaan taimettumisen kannalta hyvä turvepinta. Kangasmaalla laikkuja voidaan tehdä kaivinkoneella kauhankärjellä, muokkauslevyllä tai jatkuvatoimisilla laikkureilla. Kylvöä ja luontaista uudistusta varten kynsillä varustetulla kauhallalla saadaan itämisen kannalta hyviä laikkuja. Turvemaalla laikut on tehtävä tasaisella kauhan kärjellä tai erikseen turvemaille tehdyllä terävasärmäisellä levyllä, ettei laikuista tule liian syviä ja niihin kerry vettä. (Luoranen ym. 2007, 28.)

2.4 Koneellinen kylvö

Koneellinen kylvö on ylivoimaisesti käytetyin kylvömenetelmä sen edullisuuden ja tehokkuuden vuoksi. Ensimmäiset koneellisen kylvön kokeilut tehtiin 1980-luvun lopulla metsä-äkeeseen liitettävällä kylvölaitteella. Vuonna 2009 koneellisen kylvön osuus oli 72 %. Kylvölaitteen voi nykyään suhteellisen helposti liittää maanmuokkauslaitteen yhteyteen, jolloin kustannukset pysyvät pieninä ja työn tuottavuus kestää tehokkaana. Koneellisen kylvön kokonaiskustannus, johon sisältyy maanmuokkaus, siemenet ja kylvö, on noin 360 €/ha. Varsinainen kylvön työkustannus eli ns. kylvölisä on koneellisessa kylvössä n. 40 €/hehtaari. (Metsätutkimuslaitos 2010.)

Suomessa käytetään useita eri kylvölaitemerkkejä, joista kenties yleisimpiä ovat Seed Gun ja TTS Sigma. Molemmat laitteet ovat monipuolisesti säädettäviä ja paineilmalla toimivia laitteita, jotka voidaan asentaa sekä kaivinkoneisiin, että jatkuvatoimisiin maanmuokkaimiin. Molemmissa laitteissa siemenet puhalletaan putkesta paineilman avulla maahan. (Valkonen, Ruuska, Kolström, Kubin & Saarinen 2001. 142.)

Koneellisen kylvön etuna on myös, että kun kylvö tapahtuu suoraan maanmuokkauksen jälkeen, kylvökohdan itämisolosuhteet ovat huomattavasti otollisemmat kuin myöhemmin kylvettäessä. Myöhemmin kylvettäessä muokkausjäljestä ei välttämättä enää löydy sopivia koloja, joissa siemenet itäisivät hyvin ja monessa tapauksessa myös pintakasvillisuus ehtii jo kehittyä vaivaamaan siementen kehitystä. Myöhemmin kylväessä myös muokkausjäljen kuivuminen on yksi keskeisistä ongelmista. (Rummukainen, Tervo, Kautto & Pulkkinen 2011.)

2.5 Itäminen ja taimettuminen

2.5.1 Sääolot

Sademäärä ja lämpötila ovat siementen itämisen kannalta tärkeimmät säätekiöt. Vettä siemen tarvitsee itääkseen ja lämpötila puolestaan vaikuttaa itämisen

nopeuteen. Männyn siemenen itämiselle optimaalinen lämpötila on 20–22°C. Alle 10 °C:een lämpötilassa siemenet itävät hyvin hitaasti ja yli 25 °C:een lämpötiloissa itäminen lähtee melko voimakkaaseen laskuun. Molemmat tekijät yhdessä määrittelevät maan pinnan kosteusoloja sekä sitä missä vaiheessa itäminen käynnistyy sekä kuinka paljon taimia syntyy. Toisin sanottuna kuivuus ja viileys ovat sääolosuhteista itämistä eniten rajoittavat tekijät. Liiallinen kuumuus voi myös vahingoittaa sirkkataimia, etenkin lämpöä huonosti johtavilla humuspinoilla. Taimien jatkokehityksen kannalta itämisen ajoittuminen kasvukauden aikana on tärkeää, sillä mitä aikaisemmin siemenet itävät, sitä vahvemmiksi ne ehtivät kehittyä ennen talven tuloa. (Valkonen ym. 2001, 84.)

2.5.2 Pintakasvillisuus ja puusto

Pintakasvillisuus vaikeuttaa siemenen pääsyäsuotuisiin kosteusoloihin kivennäismaan pintaan saakka. Runsas pintakasvillisuus myös varjostaa ja tukahduttaa sirkkataimet. Puusto vaikuttaa pienilmastoon metsän sisällä ja niiden juuret ja karike vaikuttavat suoraan taimettumisoloihin. Latvukset pidättävät suuren osan valosta, lämmöstä ja sateesta ja näin heikentävät oleellisesti itämis- ja taimettumisolosuhteita. (Valkonen ym. 2001, 86.)

Siementen itämiselle ja taimettumiselle luodaan otolliset olosuhteet uudistushakkuulla, jonka jälkeen olosuhteet muuttuvat radikaalisti. Maan pinta ja alimmat ilmakerrokset lämpiävät melko voimakkaasti, koska säteily kohdistuu suoraan maanpinnalle. Tämä edistää siementen itämistä ja alkukehitystä, mikäli niillä on yhteys kivennäismaahan ja siinä olevaan veteen. Muokkaamaton sammu-pinta sitä vastoin kuivahtaa itämiskelvottomaksi. Kolikolla on kuitenkin myös kääntöpuoli ja hakkuiden seurauksena alueen lämpötilaolot äärevöityvät, eli öisin lämpötila voi pudota hyvinkin alas ja aiheuttaa hallariskin varsinkin pienillä muutaman aarin kokoisilla aukoilla. Turvemaiden hallanriski on erityisen suuri johtuen siitä, että kuivattu turvemaa johtaa huonosti lämpöä ja tämä laskee maanpinnan läheisen ilmakerroksen lämpötilaa voimakkaammin kuin kivennäismailla. (Valkonen ym. 2001, 86.)

2.5.3 Karike ja humus

Karike on kuolleista pintakasvillisuuden ja puuston kasvinosista muodostunutta biomassaa, joka maatuessaan muuttuu humukseksi. Humuskerroksen paksuuntuessa samalla myös siemenen itämisolot heikkenevät, koska siemen ei pääse yhtä hyvin käyttämään maa vettä hyväkseen, kuin jos se olisi suoraan yhteydessä kivennäismaahan. Kolikon kääntöpuolena on kuitenkin, että maatu-neella humuksella on hyvä vedenpidätyskyky, joten optimaalisimmat itämisolo-suhteet löytyvät jostakin näiden kahden vaihtoehdon väliltä. Humuksesta vapautuu myös ravinteita sirkkataimen käyttöön. (Valkonen ym. 2001, 87.)

2.5.4 Maalaji

Maalaji vaikuttaa oleellisesti taimettumiskykyyn. Hienojen maalajien, kuten hie-non hiedan, hiesun ja saven, määrän lisääntyminen parantaa veden ja ravinteiden pidätyskykyä ja näin ollen parantaa taimettumiskykyä. Ongelmaksi tämän tyyppisillä alueilla tuleekin runsas pintakasvillisuus, jopa liiallinen maan tiiviys ja tästä johtuva korkea vesipitoisuus ja routivuus. Karut, ohuthumuksiset lajittuneet kankaat ovat normaalisti parhaiten luontaisesti uudistuvia kasvupaikkoja. Kivennäismaalajeista karkea hieta on yleensä paras kylvöalusta. (Valkonen ym. 2001, 88.)

Turve kostuu yleensä helposti sekä pidättää hyvin vettä, mutta kuivuessaan se muuttuu vettä hylkiväksi. Mikäli turvekerroksen pinta on kuivunut, tarvitaan yleensä pitkä sadekausi, ennen kuin se kostuu uudelleen. Turpeeseen sekoittunut kivennäismaa parantaa turpeen kostuvuutta ja näin ollen myös taimettumisolot paranevat. (Valkonen ym. 2001, 88.)

2.5.5 Pinta- ja pohjavesi

Pohjaveden tason muuttuminen vaikuttaa maan ilmanvaihtoon sekä lämpöoloihin, sillä kostea maa lämpenee hitaasti ja myös sitoo runsaasti lämpöä. Pohjaveden pinnan nousun aiheuttaman heikentyneen ilmavaihdon ja mahdollisen maaperän liiallisen vesipitoisuuden takia siementen hapen saanti vaikeutuu sekä taimien juuriston kehitys heikentyy. (Valkonen ym. 2001, 88.)

Turvemailla pohjavedenpinta on yleensä korkealla. Pohjaveden pinnan taso, kunhan se ei ole liian korkealla, ei vaikuta siementen itämiseen mikäli itämisalusta saa riittävästi vettä sateina. Mikäli sateita ei ole ja siementen itämisalusta on pelkästään kapillaarisen veden nousun varassa, pohjaveden nousu edistää siementen itävyyttä. (Valkonen ym. 2001, 88.)

2.6 Siemensyönti

Siemensyönti on todettu ongelmaksi luontaisen uudistamisen ja kylvön yhteydessä. Useissa tutkimuksissa on todettu, että linnut, pienet nisäkkäät ja myös osittain hyönteiset ovat suurimpia syypäitä siemenhävikkiin. Tutkimuksista käy ilmi, että esimerkiksi verkoilla suojatuissa kohteissa siementen taimettuminen voi olla jopa kuusi kertaa suurempaa kuin suojaamattomissa. (Bergsten 1985.)

Hjältenin ja Nilsonin Pohjois-Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan siementen peittäminen ohuella maakerroksella heti kylvämisen jälkeen alentaa siemenpredaatiota ja kokonaishävikkiä huomattavasti, koska esimerkiksi linnut löytävät siemenet näköaistinsa avulla. Ensimmäisen kasvukauden jälkeen peitellyistä siemenistä oli taimettunut 15,4 % ja peittämättömistä 9,2 %. Ensimmäisen talven jälkeen taimettumisessa ei ollut enää merkittävää eroa. Peitetyistä siemenistä itäneet taimet olivat vielä kahdenkin kasvukauden jälkeen huomattavasti isompia kuin peittämättömien siementen vastaavat. Myyrätuhoihin peittäminen ei auta, koska myyrät löytävät siemenet hajuaistinsa avulla. (Nilsson & Hjältén 2002.)

2.7 Rouste

Rouste on heterogeenistä pintaroutaa, jota esiintyy yleensä syksyisin ja keväisin hienojakoisilla mailla lämpötilan laskiessa muutaman asteen pakkasen puolelle. Maassa oleva vesi laajenee jäätyessään ja samalla nostaa maan osia ylöspäin. Kohoavat osat työntävät kasveja maasta ja katkovat niiden juuria. (Nissinen 2005.)

Taimien rousteen kestävyys kasvaa taimien iän ja koon mukaan, koska taimen kyky ankkuroida juurensa maahan paranee. Muutamat tekijät, kuten lannoitus,

istutuspaikkojen valinta, istutuksen tai kylvön oikea ajankohta, maanpinnan oikeanlainen käsittely, varjostus tai suojaus ovat suhteellisen tehokkaita suojaamaan taimia rousteelta. (Goulet 1994.)

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää HaVel-jyrsimen työn tuottavuus sekä uudistamisen laatu turvemaiden männyn koneellisessa kylvössä. Vertailtavana käsittelynä oli kaivinkonelaikutus. Tavoitteena oli selvittää aika, joka eri työvaiheisiin kuluu eri menetelmillä ja verrata jyrsintä- ja laikutusmenetelmiä keskenään. Tavoitteena oli myös selvittää, onko jyrsinlaikutuksen ja tavallisen laikutuksen välillä eroja siementen itämisessä ja orastumisessa.

4 MENETELMÄT JA AINEISTO

4.1 HaVel-maanmuokkain

Havel-maanmuokkaimen on kehittänyt Hassisen Veljekset Oy. Yritys aloitti toimintansa metsäkoneurakoinnilla jo noin neljäkymmentä vuotta sitten. Vuodesta 1989 lähtien se on kehittänyt ja valmistanut uusia innovatiivisia tuotteita omassa metallipajassaan Ilomantsissa. Tuotteita on ollut helppo testata oman yrityksen metsäkone- ja kuljetuskaluston käytössä. (Hassisen veljekset Oy. 2011.)

Muokkaimessa on neljällä akselilla pyörivät viisitoista senttimetriä pitkät terät, jotka sekoittavat humus- ja turvekerroksen keskenään, tarkoituksena luoda hyvä kasvualusta siemenelle tai taimelle. Laittevalmistajan mukaan muokkausjälkeen syntynyt kerrostuma on ravinteikas ja säilyttää kosteutensa myös kuivana

aikana. Muokkain asennetaan kaivinkoneeseen suoraan kauhan paikalle ja laitteessa on myös siemenkylvövalmius. (Hassisen veljekset Oy 2011.)

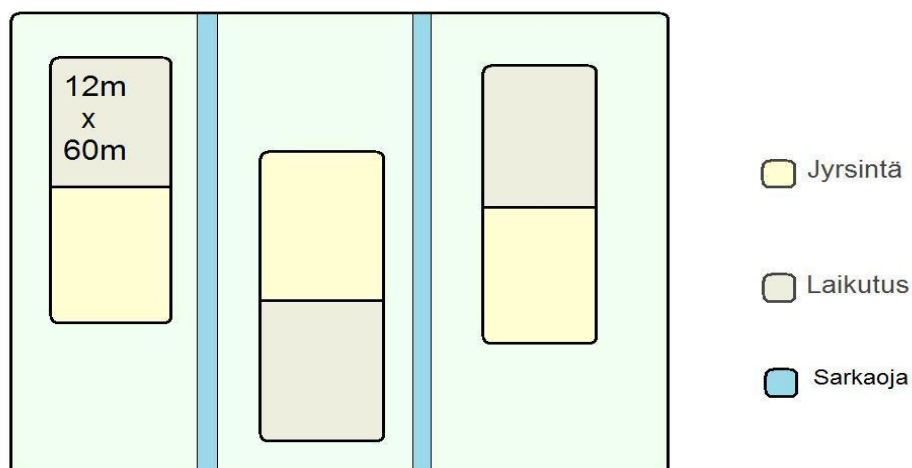


Kuva 1. HaVel-maanmuokkain. (Metsäntutkimuslaitos 2011)

4.2 Maastokohteet

Tutkimus toteutettiin perustamalla maastokokeet kolmelle Tornator Oy:n uudistusosalalle Enoon, Ilomantsiin ja Lieksaan. Kriteerinä maastokohdevalinnassa oli, että kuvion täytyy olla turvekangasta sekä vähintään kahden hehtaarin kokoinen, jotta saatiin riittävä määrä riittävän isoja koealoja.

Jokaiselle uudistusosalalle, sarkaojien väliin, merkattiin valkoisilla lasikuitukepeillä kolme lohkoa, joiden koko oli 120m*12m (kuva 2). Lohkon etäisyys sarkaojasta oli vähintään kaksi metriä. Jokainen lohko jaettiin kahteen ruutuun, jotta saatiin tehtyä jyrseinlaikutus sekä vertailevana käsittelynä tavallinen laikutus. Ruudun koko oli siis 60m*12m ja yhdellä uudistusosalalla ruutuja oli yhteensä kuusi. Yhdellä loholla, eli vierekkäisissä ruuduissa, oli aina molemmat käsittelytavat, mutta satunnaisessa järjestyksessä. Uudistusalan reunoille pyrittiin mahdollisuuksien mukaan jättämään parinkymmenen metrin levyinen reunavyöhyke, estämään luontaisen uudistumisen vaikutus tuloksiin.



Kuva 2. Esimerkki koelohkojen/-ruutujen sijoittelusta uudistamiskohteella.

Maanmuokkaukset ja kylvö tehtiin Ilomantsissa 17.5., Enossa 24.5. ja Lieksassa 21.6.. Kylvö tapahtui SeedGun-kylvölaitteella (kuva 3) muokkauksen yhteydessä. Ilomantsissa sekä Enossa käytetyn siemenerän tunnus oli T03-07-0212, itämistarmo 74 % ja itävyysprosentti 94 %. Lieksassa siemenerän tunnus oli T03-06-0208, itämistarmo 82 % ja itävyysprosentti 95 %. HaVel-jyrsimen etureunaan asennettiin terävasärmäinen teräslevy (kuva 4), jotta laikutus saatiin toteutettua ilman turhia laitteen vaihtoja ja laikusta saatiin tehtyä mahdollisimman hyvä itämisolosuhteita ajatellen. Laikut tehtiin Ilomantsissa ja Enossa tällä kyseisellä levyllä. Lieksassa käytettiin levyn rikkoutumisen takia levyn alla olevia kaivinkoneen kynsiä. Kaikki työmaat toteutettiin saman kaivinkoneen kuljettajan toimesta niin, että yksi työmaa saatiin valmiiksi aina saman päivän aikana.



Kuva 3. Seedgun kylvölaite käyttää paineilmapulssia halutun kokoisen siemenannoksen ampumiseen tarkasti valittuun kylvökohtaan. (Newforest Oy. 2011.) kuva: Metsäntutkimuslaitos 2011



Kuva 4. Havel-maanmuokkaimeen laikutusta varten asennettu teräslevy. (Metsäntutkimuslaitos 2011)

Kullekin koeruudulle jätettiin kolme kylvämätöntä laikkua, joilla pyrittiin selvittämään luontaisen uudistumisen määrää. Siemenhävikkiä selvitettiin asentamalla jokaiselle kuviolle neljään muokkausjälkeen syönninestoverkot (silmäkkö 8mm), joilla saatiin suuntaa antavasti selville siemensyönnin määrä.

Työn tuottavuuden tutkintaa varten taltioitiin koeruutujen työsuoritukset videolle. Kamera asetettiin kaivinkoneen ohjaamoon, siten että videolle tallentui muokkain kaikissa puomin asennoissa. Tämän lisäksi tehtiin myös käsiajanotto ja kirjanpito, mahdollisten teknisten ongelmien varalta.

Uudistamisen laadun tutkimista varten testautettiin kylvölaite, jotta saatiin selville sen syöttämien siementen määrä yhtä ”laukausta” kohden työmaan aikana. Tämä tapahtui siten, että aina ennen jokaista ruutua suoritettiin viisi ”testilaukausta”, joiden siemenet kerättiin talteen muovipusseihin ja laskettiin ja näin ollen saatiin suuntaa antava selvitys koneen syöttämien siementen lukumäärästä ja estettiin mahdollisten syöttöhäiriöiden tai vastaavien vaikuttaminen tuloksiin. Testilaukausten siemenet myös röntgenkuvattiin, jotta pystyttiin selvittämään eri syistä mahdollisesti vioittuneiden ja kuolleiden siementen lukumäärä.

Kylvötulos selvitettiin inventoimalla sirkkataimet 15.–17.elokuuta välisenä aikana. Laadun tarkastelu toteutettiin laskemalla sirkkataimien määrä jokaisen koeruudun jokaisesta laikusta, kaikilla kolmella työmaalla. Laskettu laikku merkattiin tikulla jonka pää oli maalattu joko valkoiseksi tai siniseksi. Tällä estettiin laikkujen laskeminen kahteen kertaan sekä helpotetaan tulevia jatkoinventointeja. Jyrsintä merkattiin sinisillä ja laikutus valkoisilla tikuilla.

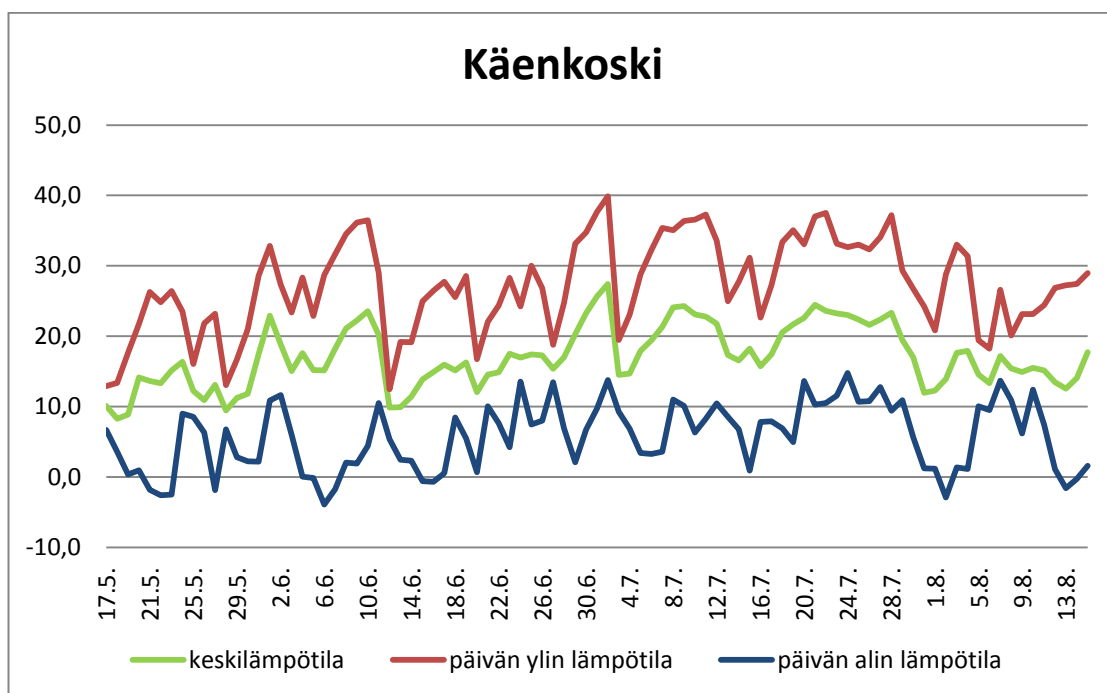
4.3 Aineiston käsittely

Videomateriaalia tarkasteltiin Timer Pro-ohjelmalla. Timer Pro on aikatutkimusohjelma, jolla tuotantoaika jaettiin eri työvaiheisiin ja keskeytyksiin. Koeruudun työajanmenekki jaettiin viiteen osaan, jotka olivat: jyrsintä, laikutus, puomin siirto, koneen siirto ja hakkuutähteiden siirto. Näin saatiin siis helposti selville myös työvaiheiden toistojen määrä sekä mm. aika joka keskimäärin kului kuhunkin työvaiheeseen. Timer Pro:ta tiedot siirrettiin Exceliin ja SPSS Statisticsiin, joiden avulla saatiin laskettua ja eriteltyä tuloksia sekä vertailtua maanmuokkausmenetelmiä keskenään.

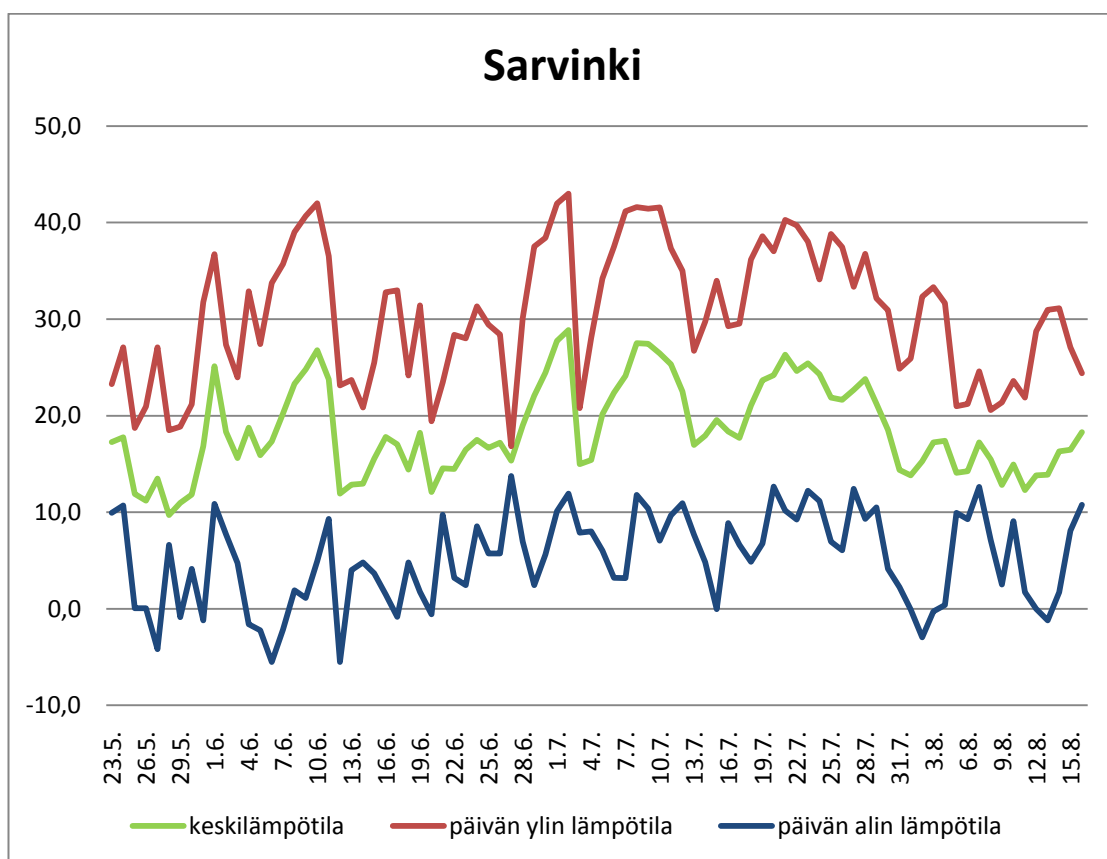
Käsittelyjen vaikutusta sirkkataimien määrään tutkittiin varianssianalyysillä (liite 1), jossa merkitsevä p-arvona oli 0,05. Analyysi tehtiin erikseen kaikille kohteille kylvösiemenmäärän suuren vaihtelun takia.

4.4 Sääolot

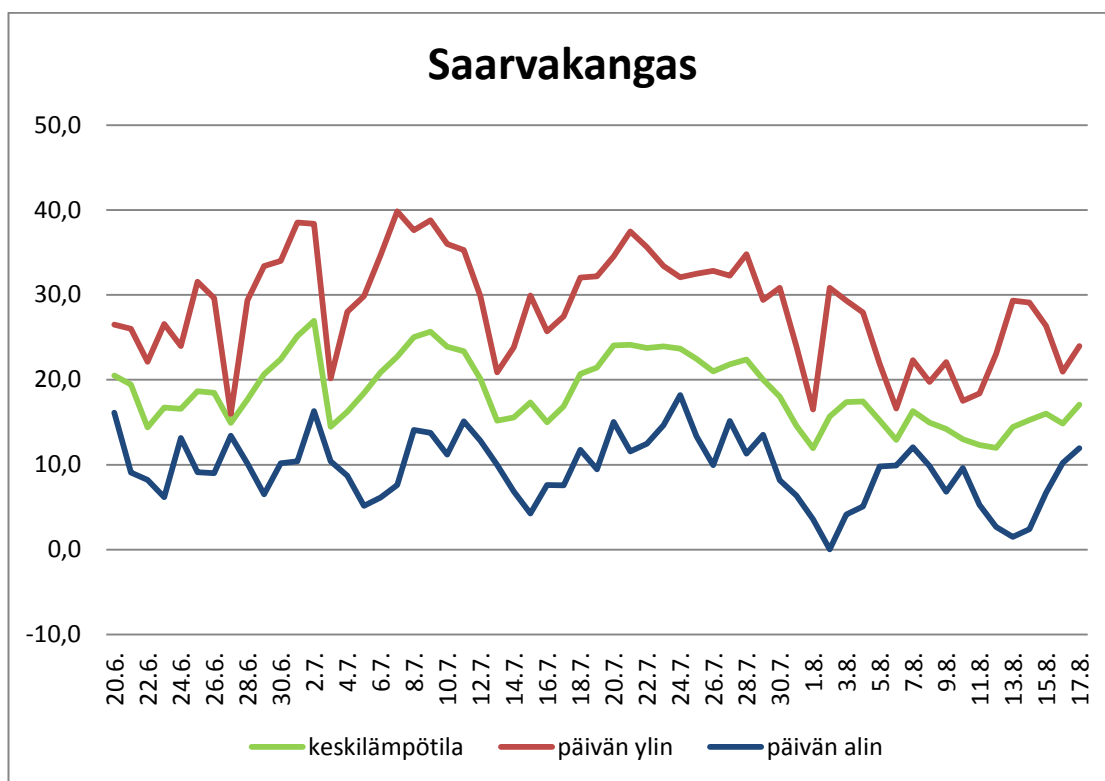
Jokaiselle kuviolle asennettiin HOBO Pro v2-merkinen lämpötila- ja kosteusanturi 20cm korkeudelle maanpinnasta, jolla selvitettiin alueen lämpötila- ja kosteusoloja. Kuvioissa 10, 11 ja 12 on esitetty jokaisen uudistusalan päivän ylimmät, alimmat ja keskilämpötilat kylvöpäivästä elokuun puoleen väliin saakka.



Kuvio 10. Lämpötilat Käenkoski, Ilomantsi

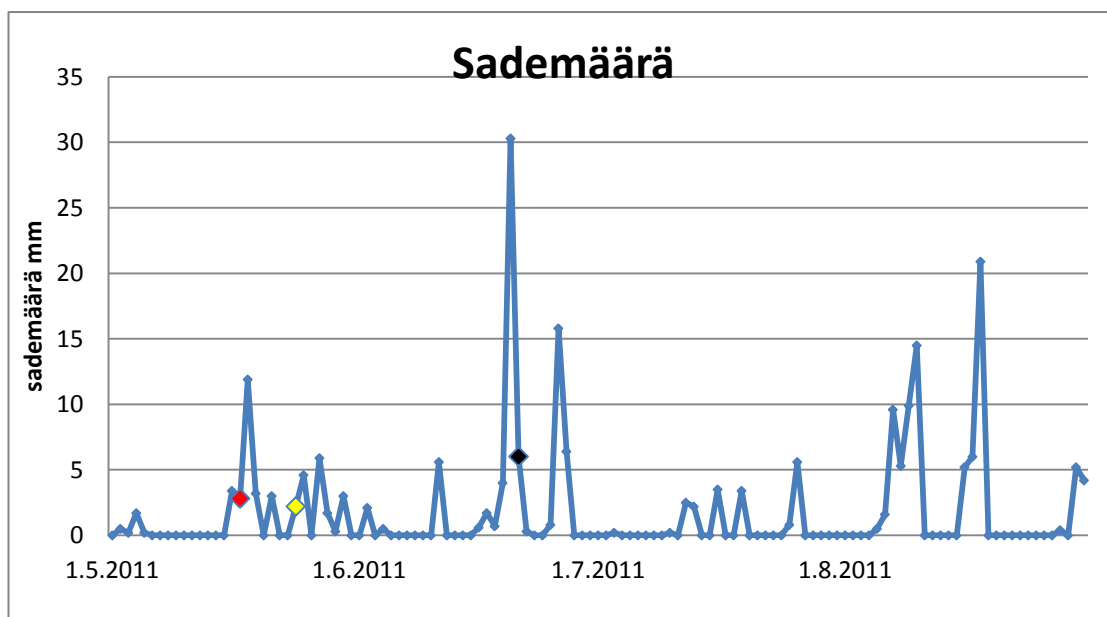


Kuvio 11. Lämpötilat Sarvinki, Eno

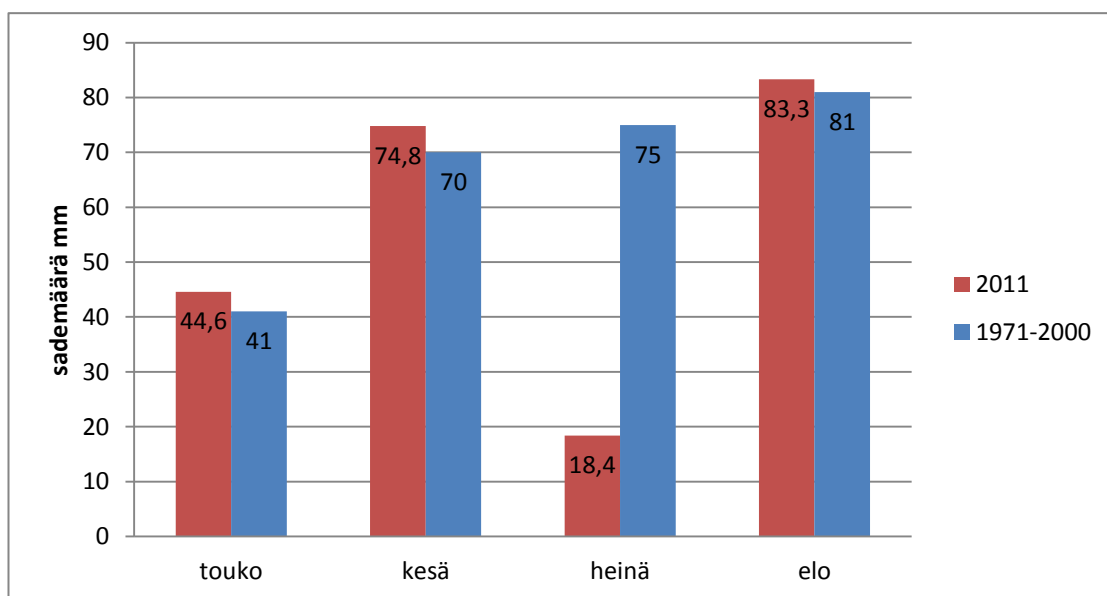


Kuvio 12. Lämpötilat Saarvakangas, Lieksa

Kuviossa 13 on esitetty päivittäiset sademäärät Pohjois-Karjalan koillisosassa Lieksan Lampelassa ($63^{\circ} 06' 30.3''$ N, $29^{\circ} 45' 42.1''$ E). Kuvioon on merkattu sademäärän kohdalle kunkin uudistusalan kylvöajankohta, Ilomantsin punaisella, Enon keltaisella ja Lieksan mustalla. Kuviossa 14 on vertailtu vuoden 2011 kuukausittaista sademäärää touko-elokuun aikana vuosien 1971-2000 keskiarvoon.



Kuvio 13. Sademäärä Lieksan Lampelassa 1.5.2011 – 31.8.2011. Ilmatieteenlaitos 2011.



Kuvio 14. Vuoden 2011 sademäärät sekä pitkänajan keskiarvot Pohjois-Karjalassa. Ilmatieteenlaitos 2011.

5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Työntuottavuus

Työn tuottavuuden tutkintaa varten taltioitiin koeruutujen työsuoritukset videolle. Video materiaalia analysoitiin TimerPro-ohjelmalla ja sen avulla laskettiin kunkin työvaiheen ajanmenekit.

Taulukossa 1 on esitetty työmaakohtaisesti kakkien työvaiheiden tehoajanmenekit sekä niiden prosenttiosuudet muokkausmenetelmien kokonaisajanmenekistä. Taulukossa 2 on esitetty työmaittain molempien menetelmien kokonaisajanmenekit sekä muokkausjälkien määrä ja niiden avulla laskettu keskimääräinen ajanmenekki muokkausjälkeä kohti sekä tuntituotos.

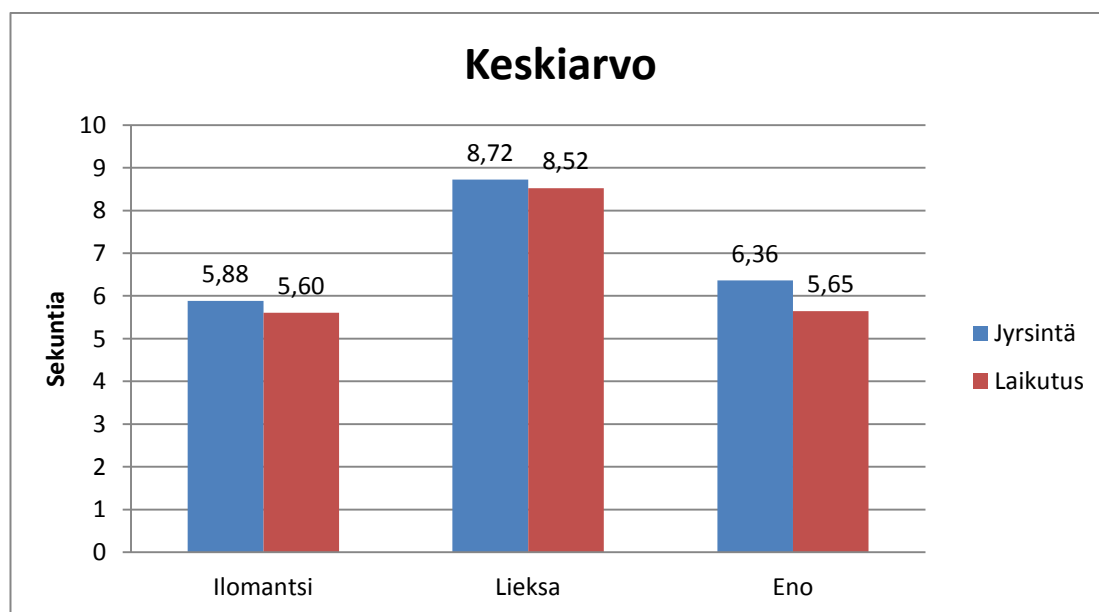
Taulukko 1. Työvaiheiden tehoajanmenekit työmaittain ja menetelmittain.

	Käenkoski				Lieksa			
	Jyrsintä sek.	%	Laikutus sek.	%	Jyrsintä sek.	%	Laikutus sek.	%
Muokkaus & kylvä	2122,74	66,91	1445,84	59,37	2730,54	66,94	2062,31	71,21
Puomin siirto	523,34	16,50	370,58	15,22	480,71	11,79	434,98	15,02
Koneen siirto	249,74	7,87	190,22	7,81	260,37	6,38	182,43	6,30
Hak.täh. Siirto	276,87	8,73	428,61	17,60	608,17	14,91	216,43	7,47
Tehoaika yht	3172,69	100,00	2435,24	100,00	4079,78	100,02	2896,15	100,00
	Sarvinki				Kaikki			
	Jyrsintä sek.	%	Laikutus sek.	%	Jyrsintä sek.	%	Laikutus sek.	%
Muokkaus & kylvä	2347,11	72,35	1672,66	67,96	7200,39	68,60	5180,80	66,48
Puomin siirto	496,80	15,31	449,34	18,26	1500,85	14,30	1254,90	16,10
Koneen siirto	202,99	6,26	148,93	6,05	713,10	6,79	521,58	6,69
Hak.täh. Siirto	197,17	6,08	190,46	7,74	1082,21	10,31	835,49	10,72
Tehoaika yht	3244,07	100,00	2461,38	100,00	10496,55	100,00	7792,77	100,00

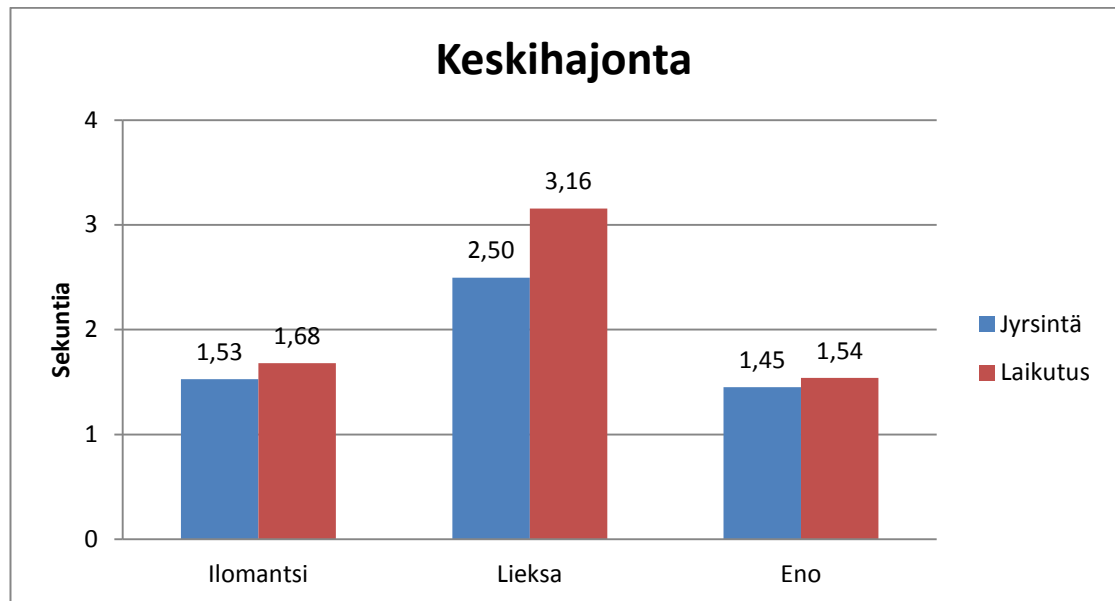
Taulukko 2. Menetelmien kokonaisajanmenekit työmaittain, muokkausjälkien määrä ja tuntituotos.

Työmaa	Menetelmä	Tehoai- ka sek.	Muokkausjäl- kiä kpl	Sekun- tia/muok- kausjälki ka.	Aika tunneis- sa	Muokkausjäl- kiä tunnissa
Ilomant- si	Jyrsintä	3172,7	367	8,6	0,88	416
	Laikutus	2435,2	258	9,4	0,68	381
Lieksa	Jyrsintä	4079,8	313	13,0	1,13	276
	Laikutus	2896,2	242	12,0	0,80	301
Eno	Jyrsintä	3244,1	370	8,8	0,90	411
	Laikutus	2466,9	295	8,4	0,69	430
Kaikki	Jyrsintä	10496,6	1050	10,0	2,92	360
	Laikutus	7798,3	795	9,8	2,17	367

Kuviossa 1 on esitetty työmaittain, kuinka monta sekuntia keskimäärin on kummallakin muokkausmenetelmällä mennyt yhtä muokkausjälkeä kohden. Kuviossa 2 esitetään keskihajonnat samalla tavalla työmaittain ja työlajeittain. Kuvioiden 1 ja 2 tuloksissa on käytetty vain muokkauksen tehoaikoja eli muita työvaihteita ei ole huomioitu.



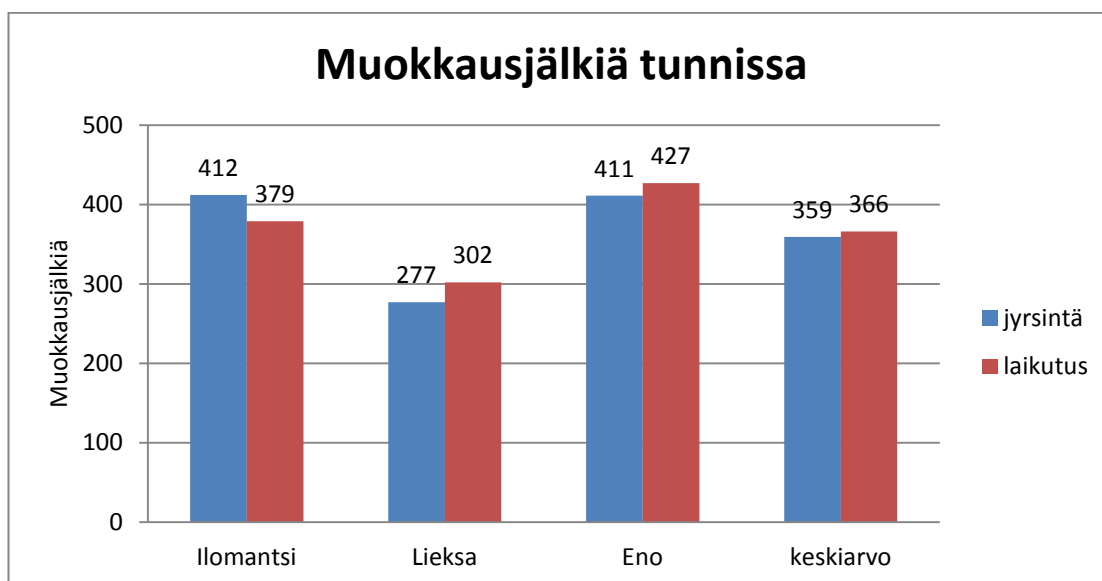
Kuvio 1. Muokkausjälkien keskimääräiset ajanmenekit työmaittain.



Kuvio 2. Muokkausjälkien ajanmenekkien keskihajonnat työmaittain.

Kuvioiden 1 ja 2 tuloksia tarkastellessa käy ilmi, että laikutus on keskimäärin hiukan nopeampi muokkausmenetelmä. Toisaalta se on myös alttiimpi heilahteluille, kuten keskihajonnoista voidaan päätellä. Lieksan Saarvakankaalla ajanmenekit ja siitä johtuen myös keskihajonnat olivat selkeästi suuremmat kuin kahdella muulla työmaalla, joiden tulokset ovat hyvin toistensa kaltaiset. Erojen syytä on hankala arvailla, koska tutkimuksessa ei otettu huomioon työmaakohdittaisia työvaikeustekijöitä.

Kuviossa 3 on esitetty työmaakohteisesti, kuinka paljon jyrsinlaikutuksella ja laikutuksella on saatu tehtyä muokkausjälkiä tunnissa. Tuloksissa on laskettu ensin yhteen kaikki kunkin työmaan samaa käsittelyä olevat koeruudut, niiden kokonaisajanmenekit ja muokkausjälkien määrä. Näiden tietojen avulla on laskettu kuinka paljon saadaan tehtyä muokkausjälkiä tunnissa.



Kuvio 3. Muokkausjälkiä tunnissa

Tuloksista käy ilmi, että muokkaustavat ovat ajanmenekiltään melko tasavahvoja. Laikutuksella saadaan tehtyä keskiarvona 366,4 laikkua tunnissa, kun taas jyrsinlaikutuksella 359,6. Keskimääräisen ajanmenekki yhtä muokkausjälkeä kohti oli jyrsinlaikutuksella 6,8 sekuntia, kun laikutuksella vastaava oli 6,5 sekuntia. Nämä ajat ovat aikoja, jotka menevät vain muokkausjäljen tekemiseen. Tuntituotoksia laskiessa on käytetty koko koeruudun ajanmenekkiä, joka sisältää myös puomin, koneen ja hakkuutähteiden siirrot. Tällöin keskimääräinen ajanmenekki yhä muokkausjälkeä kohti on jyrsinlässä 10,0 sekuntia ja laikutuksessa 9,8 sekuntia.

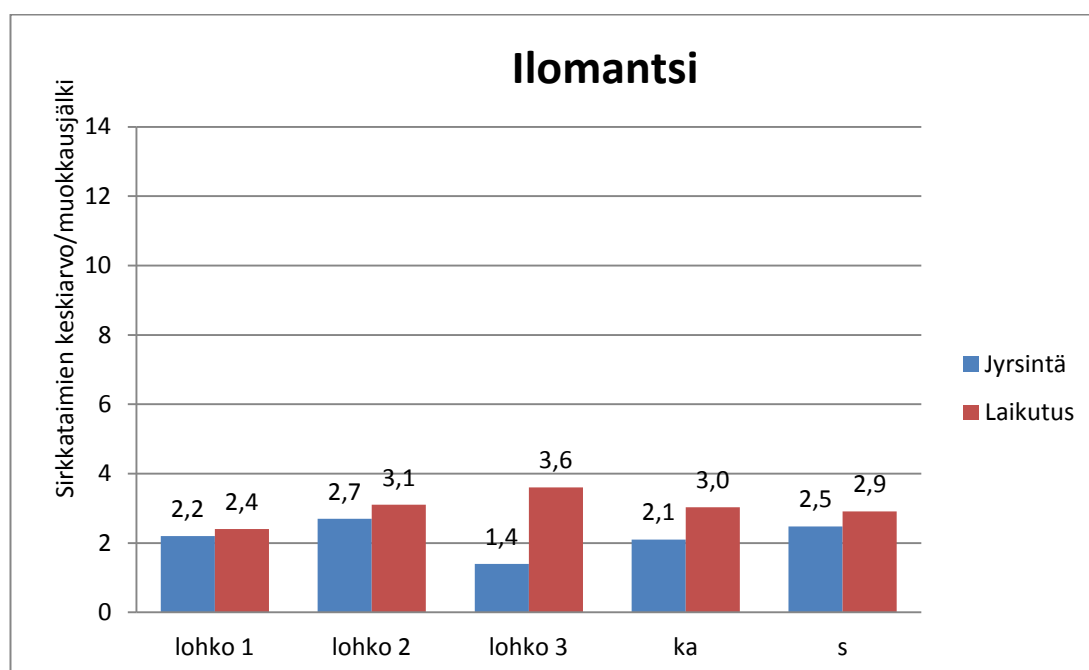
Jostakin syystä muokkausjälkien määrä koeruuduilla ei saavuttanut lähellekään tavoitetta, joka oli 2000/ha. Myös menetelmien välillä oli suuret erot. Jyrsinlaikutuksessa yhtä koeruutua kohti oli keskimäärin 116,6 muokkausjälkeä, kun taas laikutuksessa vastaava luku oli 88,3. Hehtaarisella tämä tarkoittaa, että jyrsinlässä muokkausjälkiä on 1618 hehtaaria kohden ja laikutuksessa 1225 hehtaaria kohden. Kahden tuhannen muokkausjäljen hehtaarille, joka on vähimmäisedellytys riittävän kasvatustiheyden saavuttamiselle, ajanmenekki olisi kuvion 3 tulosten mukaan jyrsinlässä 5,57 tuntia ja laikutuksessa 5,46 tuntia. Jos oletetaan, että kaivinkoneen tuntihinta olisi kuusikymmentä euroa, saataisiin hehtaarikustannukseksi jyrsinlälle 334,2 euroa ja laikutukselle 327,6 euroa.

Tulokset työmaiden välillä vaihtelevat, koska kaikki työmaat olivat kuitenkin hieman erilaisia. Työvaikeustekijät, kuten esimerkiksi hakkuutähteiden määrä tai humuskerroksen paksuus on jätetty huomioimatta. Työmaiden ja varsinkin lohkojen sisällä vaihtelu on kuitenkin hyvin pientä, koska se pyrittiin ottamaan mahdollisimman hyvin huomioon lohkojen ja ruutujen sijoittelussa.

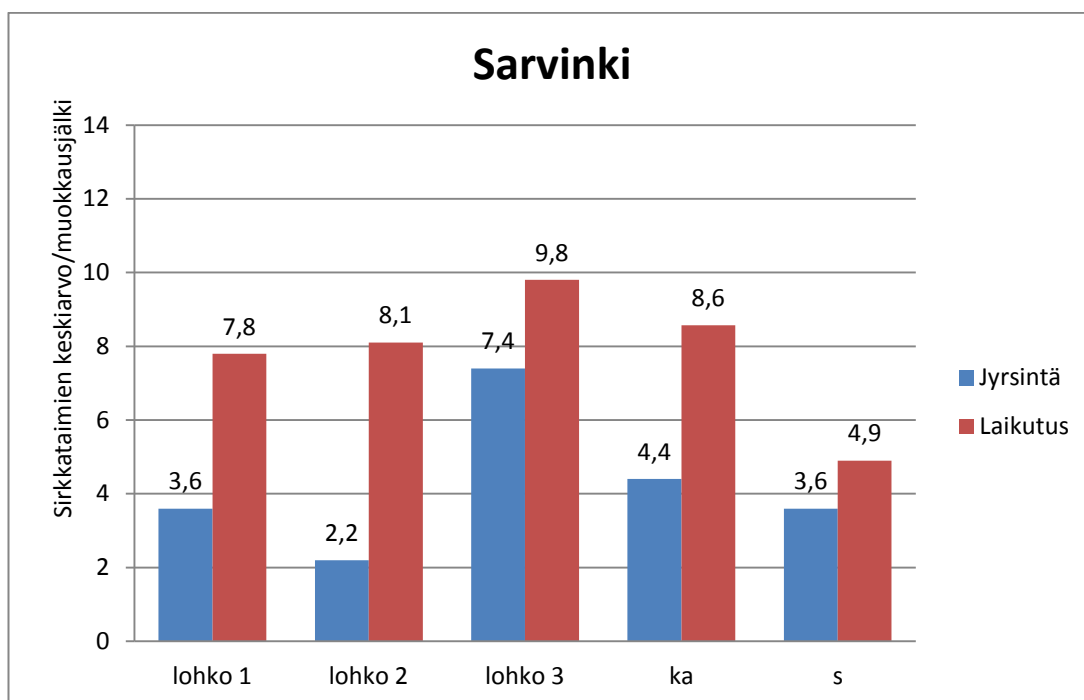
5.2 Uudistamisen laatu

Uudistamisen laatua tarkkailtiin inventoimalla sirkkataimet 15.–17. elokuuta välisenä aikana. Laadun tarkastelu toteutettiin laskemalla sirkkataimien määrä jokaisen koeruudun jokaisesta muokkausjäljestä kaikilla kolmella työmaalla.

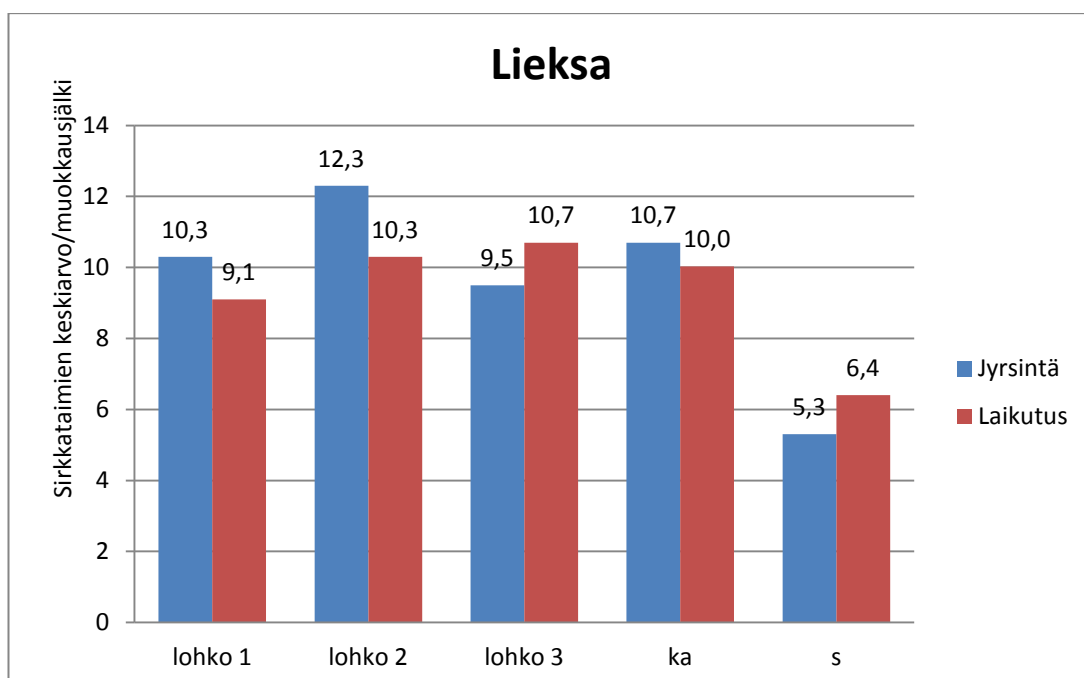
Kuvioissa 4, 5 ja 6 on esitetty työmaiden sirkkataimien keskiarvo lohkoittain sekä koko työmaan keskiarvo ja keskihajonta.



Kuvio 4. Sirkkataimien keskiarvot. Käenkoski, Ilomantsi. Kylvösiementen määrä muokkausjälkeä kohti keskimäärin oli 38,2.



Kuvio 5. Sirkkataimien keskiarvot. Sarvinki, Eno. Kylvösiementen määrä muokausjälkeä kohti keskimäärin oli 31,6.



Kuvio 6. Sirkkataimien keskiarvot koeruuditain. Saarakangas, Lieksa. Kylvösiementen määrä muokausjälkeä kohti keskimäärin oli 31,8.

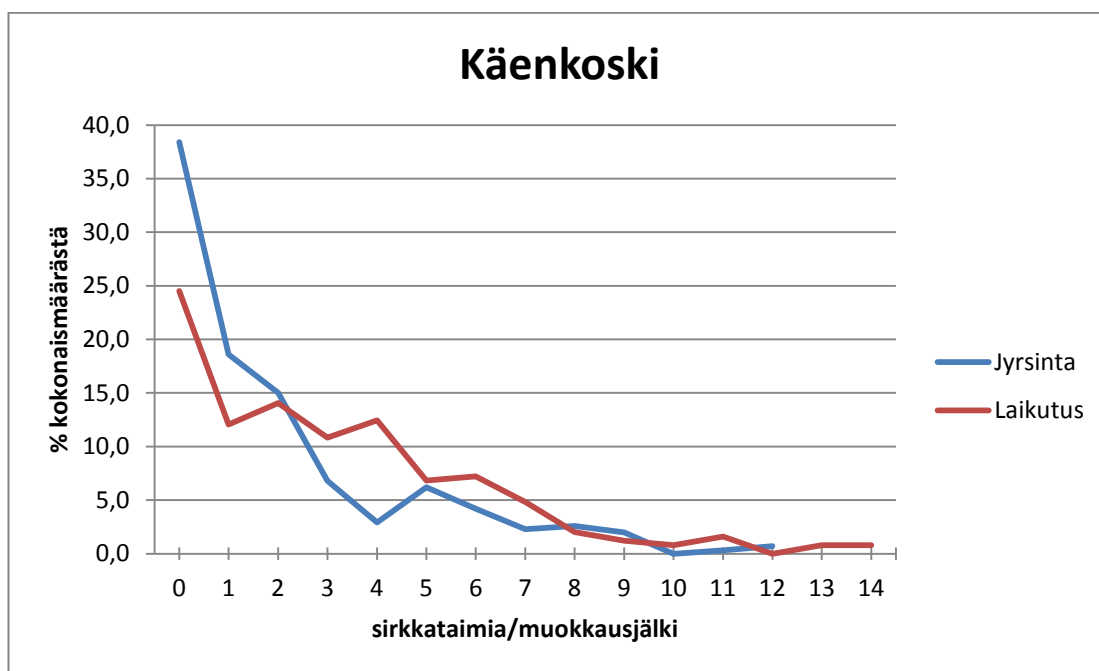
Sirkkataimi-inventoinnista saatiin jokaiselta työmaalta hiukan toisista työmaista eroava tulos. Tulokset jopa vaihtelevat työmaiden sisällä, kuten esimerkiksi Enon Sarvingissa, jossa kolmannen lohkon jyrsinlaikutuksessa on huomattavasti parempi tulos kuin kahden edellisen lohkon jyrsinlaikutuksissa.

Ilomantsin Käenkoskella tulokset olivat hyvin vaatimattomia. Jyrsinlaikutusruuduilla sirkkataimien keskiarvo oli 2,1 yhtä muokkausjälkeä kohti, kun taas laikutus-ruuduilla vastaava lukema oli 3. Ero oli myös tilastollisesti merkitsevä. Lohkojen välillä ei ollut tilastollista eroa (liite 1). Maininnan arvoista on myös se, että Käenkoskella kylvettyjen siementen määrä yhtä muokkausjälkeä kohti oli kaikista kolmesta työmaasta suurin.

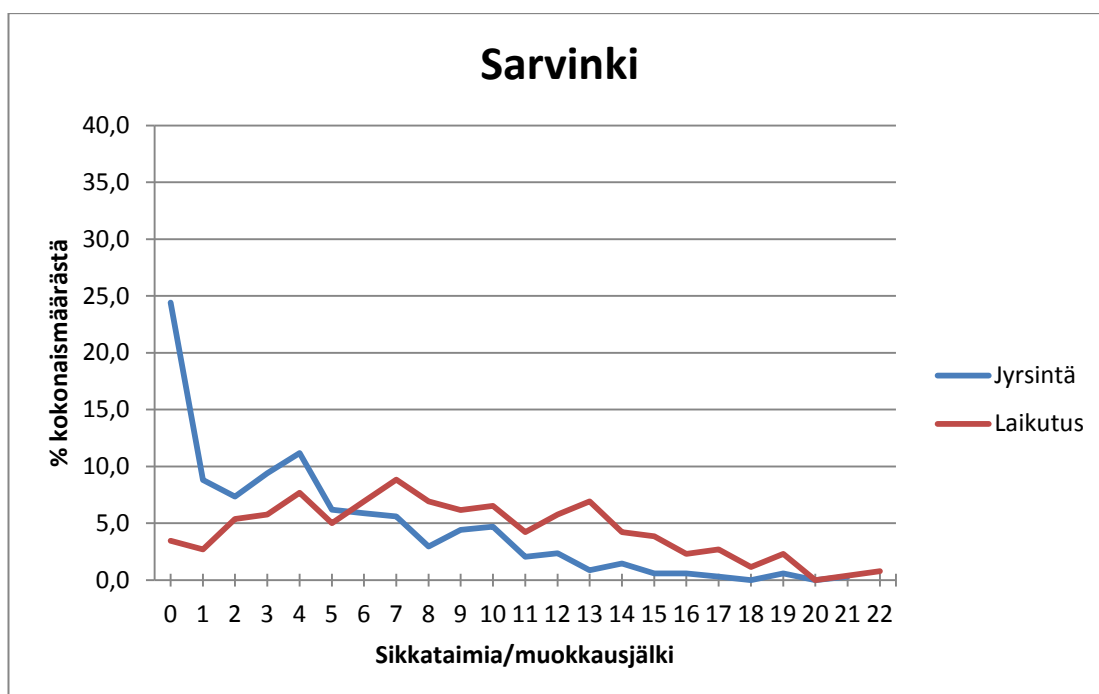
Enon Sarvingissa erot käsittelyiden välillä muodostuivat suuremmiksi. Jyrsinlaikutuksessa sirkkataimia oli yhtä muokkausjälkeä kohti keskimäärin 4,4, kun taas laikutuksessa 8,6. Käsittelyjen sekä myös lohkojen väliset erot olivat tilastollisesti merkitseviä (liite 1).

Lieksan Saarvakankaalla tulokset poikkesivat aiemmista siten, että jyrsinlaikutuksessa tulokset olivat tällä kertaa hiukan paremmat kuin laikutuksessa. Jyrsinlaikutuksessa sirkkataimia oli yhtä muokkausjälkeä kohti keskimäärin 10,7, kun vastaava luku laikutuksessa oli 10. Käsittelyjen välillä ei kuitenkaan ollut tilastollista eroa (liite 1).

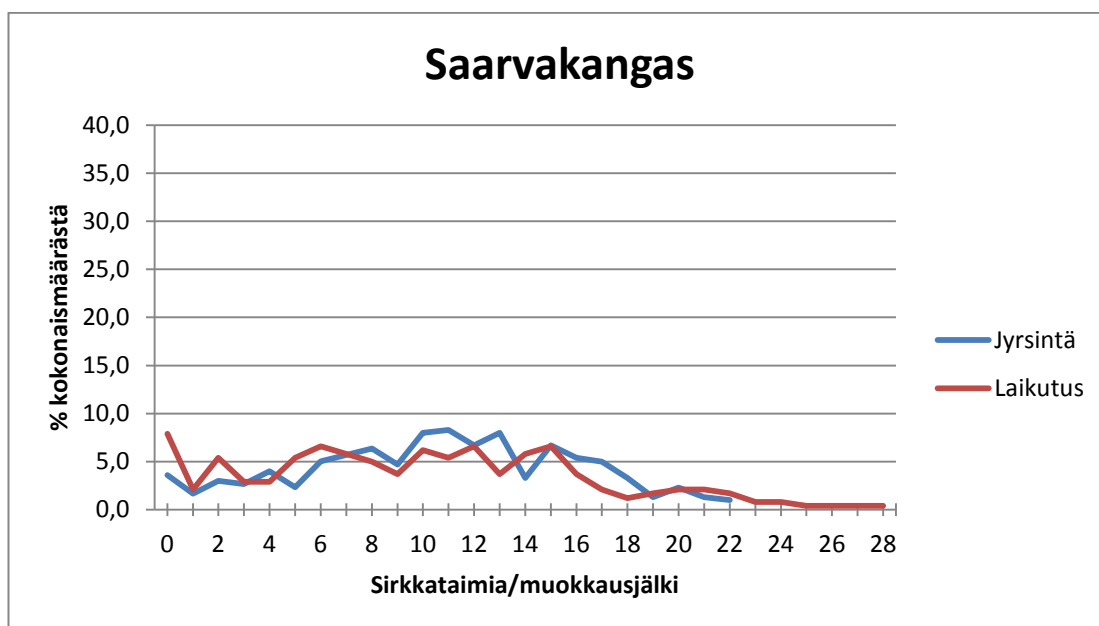
Koska pelkkä keskiarvoihin tai hajontoihin tuijottaminen ei kerro kunnolla kylvötuloksen tasaisuutta, niin kuvioissa 7, 8 ja 9 havainnollistetaan sitä työmaittain ja työlajeittain. Kuviot kertovat frekvenssijakauman eli kuinka paljon on muokausjälkiä joissa sirkkataimia esiintyy 0, 1, 2,... kappaletta. Tulokset on esitetty prosentteina saman työmaan ja saman työlajin muokkausjälkien kokonaismäärästä.



Kuvio 7. Kylvötuloksen/sirkkataimien frekvenssijakauma prosentteina. Käenkoski, Ilomantsi.



Kuvio 8. Kylvötuloksen/sirkkataimien frekvenssijakauma prosentteina. Sarvinki, Eno.



Kuvio 9. Kylvötuloksen/sirkkataimien frekvenssijakauma prosentteina. Saarvakangas, Lieksa.

Kuten tuloksista käy ilmi, kylvötuloksen tasaisuudessa on eroja käsittelyiden välillä, sekä työmaiden välillä. Tulokset jatkavat aiempaa suuntausta, jossa laikutus oli onnistuneempi uudistamismenetelmä Ilomantsissa ja Enossa, kun taas Lieksassa tilanne tasoittui ja jyrsintä vaikuttaa olevan siellä hiukan onnistuneempi menetelmä.

Ilomantsin Käenkoskella tulokset kylvöntasaisuudenkin kohdalla olivat hyvin vaatimattomia. Jyrsinnässä ns. nollajälkien, joissa ei siis ole noussut ainuttakaan sirkkatainta, osuus on jopa 38,4 prosenttia ja laikutuksessa 24,5 prosenttia. Nämä tulokset yhdessä vähäisten sirkkataimimäärien kanssa tarkoittaa sitä, että uudistamistulos jää heikoksi ja taimikko aukkoiseksi.

Enon Sarvingissa käsittelyjen välillä syntyi suuria eroja. Nollajälkien osuus jyrsinnässä oli 24,4 prosenttia kun taas laikutuksessa vastaava lukema oli vain 3,5 prosenttia. Jyrsinnässä suurimmat prosenttiosuudet osuivat nollasta neljään sirkkataimea sisältävien muokkausjälkien kohdalle ja näiden osuus oli jopa 60 prosenttia kaikista muokkausjäljistä. Laikutuksessa jakauma oli hiukan laajempi ja korkeimmat osuudet osuivat välille 4-13 sirkkatainta muokkausjäljessä ja tällä

alueella oli yhteensä yli 60 prosenttia kaikista muokkausjäljistä. Kuten sirkkaimimäärissä, niin myös kylvötuloksen tasaisuudessa, laikutus onnistui tällä työmaalla jyrshintää paremmin.

Lieksan Saarvakankaalla tulokset eroavat etenkin jyrshinnän osalta aikaisemmista työmaista selkeästi. Nollajälkien osuus jyrshinnässä on vain 3,6 prosenttia ja laikutuksessa vastaava osuus on 7,9 prosenttia. Jyrshinnässä suurimmat osuudet osuvat alueelle 10–15 sirkkatainta muokkausjäljessä ja tällä alueella oli yhteensä 41 prosenttia kaikista muokkausjäljistä. Laikutuksen osalta jakauma on tälläkin työmaalla laajempi ja sen korkeimmat osuudet nollajälkien lisäksi osuvat alueelle, jossa on 6-15 sirkkatainta muokkausjälkeä kohti ja tällä alueella on yhteensä 55 prosenttia kaikista muokkausjäljistä. Tällä työmaalla jyrshinnän onnistuminen oli laikutusta parempaa, niin sirkkataimien määrässä kuin myös kylvötuloksen tasaisuudessa. Jyrshinnässä sirkkataimia oli tasaisesti muokkausjäljissä, keskiarvona 10,7. Myös laikutus onnistui hyvin, mutta jäi sekä sirkkataimien määrässä, että kylvötuloksen tasaisuudessa hiukan heikommaksi. Tulokset ovat molemmilla muokkaustavoilla kaikista kolmesta työmaasta parhaimmat.

5.3 Siemenmäärät

Taulukossa 3 on esitetty työmaittain ennen jokaista koeruutua otettujen ”testilaukausten” siemenmäärät. Taulukosta löytyy myös siementen röntgenkuvausten tulokset, joista käy ilmi kuinka paljon testilaukausten siemenistä oli vioittuneita.

Kuten tuloksista käy ilmi, testilaukauksissa kylvökoneen syöttämien siementen määrä vaihteli työmaiden, koeruutujen ja jopa peräkkäisten laukausten välillä. Tällä on tietenkin suuri vaikutus syntyvien sirkkataimien määrään. Kaikkien laukausten syöttämien siementen keskiarvo on kuitenkin 33,9 siementä laukausta kohti, joten kylvettyjen siementen määrän ainakin teoriassa pitäisi olla täysin riittävä laadukkaan kylvötaimikon syntymiseen.

Taulukko 3. Siemenmäärät.

Työmaa	Pvm	Lohko	Ruutu	Menetelmä	Siemeniä	Laukaus				
						1	Lauk. 2	Lauk.3	Lauk.4	Lauk. 5
Käenkoski	17.5.	1	1	Jyrsintä	199	37	37	40	44	41
Käenkoski	17.5.	1	2	Laikutus	198	33	42	44	45	34
Käenkoski	17.5.	2	1	Jyrsintä	185	39	36	43	31	36
Käenkoski	17.5.	2	2	Laikutus	182	33	40	31	43	35
Käenkoski	17.5.	3	1	Jyrsintä	167	33	31	36	34	33
Käenkoski	17.5.	3	2	Laikutus	215	42	44	47	40	42
						Tyhjät	Rikki	Vaj.keh.	Toukka	Kuolleet
yht.				Jyrsintä	551	7	12	1	0	1
				Laikutus	595	5	9	7	0	3
yht.				Kaikki	1146	12	21	8	0	4
% kokonaismää- rystä					100	1,047	1,832	0,698	0	0,349
						Lauk. 1	Lauk.2	Lauk.3	Lauk.4	Lauk.5
Liekksa	21.6.	1	1	Jyrsintä	172	36	36	35	31	34
Liekksa	21.6.	1	2	Laikutus	160	28	33	32	33	34
Liekksa	21.6.	2	1	Jyrsintä	166	33	31	34	32	36
Liekksa	21.6.	2	2	Laikutus	161	37	30	31	30	33
Liekksa	21.6.	3	1	Jyrsintä	169	31	55	26	29	28
Liekksa	21.6.	3	2	Laikutus	121	28	26	27	21	19
						Tyhjät	Rikki	Vaj.keh.	Toukka	Kuolleet
yht.				Jyrsintä	507	0	2	1	0	8
				Laikutus	442	0	3	0	0	2
yht.				Kaikki	949	0	5	1	0	10
% kokonaismää- rystä					100	0	0,527	0,105	0	1,054
						Lauk.1	Lauk.2	Lauk.3	Lauk.4	Lauk.5
Sarvinki	24.5.	1	1	Jyrsintä	174	34	35	35	35	35
Sarvinki	24.5.	1	2	Laikutus	156	34	28	35	26	33
Sarvinki	24.5.	2	1	Jyrsintä	162	34	33	33	32	30
Sarvinki	24.5.	2	2	Laikutus	150	32	28	28	31	31
Sarvinki	24.5.	3	1	Jyrsintä	165	29	32	34	37	33
Sarvinki	24.5.	3	2	Laikutus	149	30	31	33	27	28
						Tyhjät	Rikkinäiset	Vaj.keh.	Toukka	Kuolleet
yht.				Jyrsintä	501	6	12	1	2	1
				Laikutus	455	3	9	3	1	0
yht.				Kaikki	956	9	21	4	3	1
% kokonaismää- rystä					100	0,941	2,197	0,418	0,314	0,105

5.4 Luontainen uudistuminen ja siemensyönti

Jokaiselle työmaalle jätettiin yhteensä kahdeksantoista kylvämätöntä muokkausjälkeä, joilla pyrittiin selvittämään luontaisen uudistumisen määrää. Yhdellekään minkään työmaan kylvämättömistä laikuista ei ollut syksyn sirkkataimi-inventointiin mennessä syntynyt taimia.

Siemensyöntiä tarkkailtiin asentamalla jokaiselle työmaalle satunnaisiin paikkoihin neljä syönninestoverkkoa ja tulokset olivat erittäin positiivisia. Ilomantsin Käenkoskella näissä suojatuissa muokkausjäljissä oli keskimäärin 9,5 sirkkatainta kun koko työmaan keskiarvo on 2,5. Enon Sarvingissa suojatuissa muokkausjäljissä oli keskimäärin kymmenen sirkkatainta, kun koko työmaan keskiarvo on 6,5. Lieksan Saarvakankaalla vastaavat tulokset ovat suojatuissa 18 ja koko työmaalla 10,4 sirkkatainta.

Näitä tuloksia ei kuitenkaan kannata tuijottaa kovinkaan tarkasti tutkittavien kohteiden vähyyden vuoksi. Varsinkin siemensyönti otettiin mukaan vain mielenkiinnon vuoksi. Tulokset ovat kuitenkin suuntaa antavia ja ajatuksia herättäviä kun pohditaan kylvöä uudistamismenetelmänä.

6 TULOSTEN POHDINTAA

Ennen tämän tutkimuksen aloitusta oli olemassa selkeä ennakkokäsitys, oletamus ja uskomus, että ainakin teoriassa HaVel-maanmuokkain tulisi ”mullistamaan” turvemaiden metsänuudistamisen. Tässä tutkimuksessa käsiteltiin HaVel-maanmuokkaimen työn tuottavuutta sekä uudistamisen laatua männyn koneellisessa kylvössä ja vertailtavana maanmuokkauskäsittelynä toimi normaali kaivurilaikutus. Tulokset eivät kuitenkaan ainakaan täysin kohdanneet ennakkoodotusten kanssa.

Työn tuottavuutta tarkasteltaessa ilmeni, että jyrshintä on hiukan laikutusta hitaampaa. Ero näiden kahden muokkaustavan välillä oli kuitenkin varsin pieni, eikä se ole tilastollisesti merkitsevä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että molemmilla muokkaustavoilla saadaan muokattua hyvin lähelle sama määrä hehtaareja tunnissa. Muokkauksen työsuoritteita tarkastellessa kävi ilmi, että jyrshinnässä HaVel-maanmuokkain joutui jyrsimään kaksi tai jopa kolme kertaa samasta kohdasta saadakseen riittävän laadukkaan muokkausjäljen. Jos esimerkiksi terien pyörimisnopeutta nostamalla saataisiin muokkausjälki aikaiseksi vain yhdellä ”raapaisulla”, niin tämä parantaisi selkeästi jyrshijän osakkeita työn tuottavuuden ja ajanmenekkien osalta.

Muokkausjälkien tiheys hehtaaria kohti jäi tässä tutkimuksessa hyvin alhaiseksi, jyrshinnässä tiheys oli n.1600/ha ja laikutuksessa vain n. 1200/ha. Sinänsä muokkausjälkien tiheydellä ei tämän tutkimuksen kannalta ole merkitystä, mutta kun muokkaustapojen välinen erotus on noinkin suuri, niin se herättää hiukan kysymyksiä muokkauslaitteiden ominaisuuksien suuntaan. Luultavasti tiheyden vaihtelu muokkaustapojen välillä on kuitenkin vain kaivinkoneen kuljettajasta johtuvaa ja se on korjattavissa työjäljen omavalvonnalla.

Uudistamistulos vaihtelee suuresti työmaiden välillä ja jopa jonkin verran työmaiden sisällä. Työmaan sisäiset vaihtelut voivat ainakin osittain johtua kylvösiementen määrän epätasaisesta jakautumisesta muokkausjälkien välille. Se selittäisi myös hiukan suuria koeruutujen sisäisiä hajontoja sirkkataimimäärissä muokkausjälkeä kohti. Tulokset kertovat, että pääsääntöisesti sirkkataimien määrä oli suurempi laikutuksessa, poikkeuksena Lieksan Saarakangas, jossa taas jyrshinnässä oli hiukan enemmän sirkkataimia. Syitä tuloksien vaihteluun on vähintäänkin yhtä paljon kuin tekijöitä, jotka ylipäättään vaikuttavat uudistamiseen onnistumiseen. Yhtenä oletettuna syynä jyrshinnan lievään epäonnistumiseen voidaan pitää sitä, että jyrshinlaikku jää turvemailla jopa hieman liiankin kuohkeaksi ja tästä johtuen kuivuu hyvin herkästi. Kun turvema kuivuu, se alkaa hylkiä vettä ja siinä vaiheessa runsaatkaan sateet eivät välttämättä enää pelasta siemeniä kuivumiselta. Tämän suuntaisia havaintoja tehtiin selkeimmin Ilomantsin Käenkoskella, mutta myös jonkin verran Enon Sarvingissa. Ilomantsin osalta on jyrshinnan puolustukseksi sanottava, että laikutuskaan ei onnistunut siellä

merkittävästi paremmin. Ilmatieteenlaitokselta saatujen sademäärien mukaan touko-kesäkuu ei kuitenkaan ollut mitenkään erityisen kuiva, mutta ei myöskään runsassateinen. Sekä Ilomantsissa että Enossa lämpötila kävi useaan otteeseen nollan alapuolella, mikä varmasti omalta osaltaan on vaikuttanut tuloksiin. Enossa tosin sirkkataimien määrä laikutuksessa on selkeästi parempi kuin jyr-sinnässä. Tämä puoltaisi omalta osaltaan sitä teoriaa, että jyr-sinnässä laikku jää hiukan liian ilmavaksi ja kuohkeaksi ja näin ollen kuivahtaa.

Lieksan Saarovakankaalla sirkkataimi-inventoinnin tulokset olivat molemmilla muokkaustavoilla jo kohtuullisen hyvällä tasolla. Olosuhteet verrattuna kahteen muuhun kohteeseen olivat selkeästi paremmat. Maaperä oli kosteaa ja märkää johtuen sateista ennen ja jälkeen kylvöpäivän ja vaikka heinäkuu ei ollutkaan sateinen, muokkausjäljet eivät tästä huolimatta päässeet kuivumaan. Myös lämpötilat olivat huomattavasti paremmat siementen itämisen kannalta.

Tämän tutkimuksen tulosten valossa HaVel-maanmuokkain, ei siis ainakaan työn tuottavuuden ja uudistamisen laadun suhteen tuo mitään erityisen mullistavaa uutuutta turvemaiden uudistamiseen. Täytyy kuitenkin korostaa, että tämä on vain yksi tutkimus, eikä absoluuttinen totuus. Tässä tutkimuksessa ei ole tuloksia kuin ensimmäiseltä syksyltä, ja jo ensimmäisen talven jälkeen tilanne voi olla toisenlainen. Tässä kuitenkin saatiin selville taimettumispotentiaali, ja luultavasti sirkkataimimäärät eivät ensi kesän inventoinneissa ole ainakaan lisääntyneet. Työvaikeustekijöitä, kuten hakkuutähteiden määrää tai humus kerroksen paksuutta, tai tarkempia tietoja kasvualustasta, kuten pohjaveden pinnantasoa tai turvekerroksen paksuus, ei tässä tutkimuksessa ole otettu huomioon. Ne eivät kuitenkaan vaikuta menetelmien onnistumiseen vaan vain työmaiden välisiin eroihin. Niistä olisi kuitenkin mahdollisesti lisää saanut lisää selityksiä ja spekulatio mahdollisuuksia tuloksien tarkasteluun.

Tämän tutkimuksen tulosten mukaan HaVel-maanmuokkain ei olisi vielä täysin varteenotettava vaihtoehto perinteiselle kaivurilaikutukselle. Paikka paikoin jyr-sintä voi kilpailla tasaväkisesti laikutuksen kanssa, mutta isossa kuvassa se jää selkeästi hopealle. Laite vaatii jatkokehitystä ja varmasti jo pienillä parannuksilla, kuten mahdollisesti terien pyörimisnopeuden nostamisella ja muokkausjälki-

en liiallisen kuohkeuden ja ilmavuuden estämisellä, sen tulokset tämän tyyppisissä vertailuissa tulevat paranemaan.

Lähteet

- Bergsten, U. 1985. A Study on the influence of seed predators at direct seeding of *Pinus sylvestris* L. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture
- Goulet, F. 1994. Frost heaving of forest tree seedlings. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forestry, Department of Silviculture.
- Hassisen Veljekset Oy. 2011. <http://www.havel.fi/>. 13.7.2011
- Ilmatieteenlaitos 2010. Ilmatieteenlaitos – Sääolot Lieksan Lampelasta, sademäärät Pohjois-Karjalasta ym. Email. marku.kolehmainen@metla.fi. Syyskuu 2011.
- Luoranen J., Saksa T., Finér L. & Tamminen P. 2007. Metsämaan muokausopas. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoki. Jyväskylä: Metsäkustannus Oy
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2006. Hyvän metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus Oy
- Metsäntutkimuslaitos 2010. Metsätilastollinen vuosikirja 2010. http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2010/vsk10_kokonaan_10.pdf. 9.8.2011.
- Newforest Oy. 2012. <http://www.newforest.fi/>. 27.1.2012
- Nilson M. & Hjältén J. 2002. Covering pine-seeds immediately after seeding: effects on seedling emergence and mortality through seed-predation. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Ecology
- Nissinen O. 2005. Rouste. Nurmitieto 2.4.2. Suomen Nurmijhdistyksen ja MTT:n julkaisusarja. https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmijhdistys/Nurmitieto/sisallysluettelo/242_rouste.pdf. 21.1.2012
- Rummukainen A., Tervo L., Kautto K. & Pulkkinen M. 2011. Maanmuokkaus- ja kylvölaiteyhdistelmien vertailuja männyn kylvössä Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Metsätieteen aikakauskirja 1/2011: 13–33. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff11/ff111013.pdf>. 21.7.2011
- Ruotsalainen M. 2007. Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille. Helsinki: Metsäkustannus Oy
- Valkonen S., Ruuska J., Kolström T., Kubin E & Saarinen M. 2001. Onnistunut metsänuudistaminen. Hämeenlinna: Karisto Oy.

LIITE 1 Varianssianalyysit

Sarvinki

Source	Type III Sum Of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected model	4501,930	5	900,386	49,559	0,000
Intercept	24769,695	1	24769,695	1363,377	0,000
Ruutu	2549,296	1	2549,296	140,319	0,000
Lohko	1401,627	2	700,814	38,574	0,000
Ruutu*Lohko	306,304	2	153,152	8,430	0,000
Error	10809,897	595	18,168		
Total	38449,000	601			
Corrected total	15311,827	600			

a. R Squared = 0,294 (Adjusted R Squared = 0,288)

Liekka

Source	Type III Sum Of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected model	627,263	5	125,453	3,733	0,002
Intercept	57256,778	1	57256,778	1703,971	0,000
Ruutu	56,703	1	56,703	1,687	0,194
Lohko	250,521	2	125,261	3,728	0,025
Ruutu*Lohko	252,828	2	126,414	3,762	0,024
Error	18010,656	536	33,602		
Total	77244,000	542			
Corrected total	18637,919	541			

a. R Squared = 0,034 (Adjusted R Squared = 0,025)

Ilomantsi

Source	Type III Sum Of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected model	288,627	5	57,725	7,938	0,000
Intercept	3649,754	1	3649,754	501,872	0,000
Ruutu	125,829	1	125,829	17,303	0,000
Lohko	36,142	2	18,071	2,485	0,084
Ruutu*Lohko	116,432	2	58,216	8,005	0,000
Error	4072,475	560	7,272		
Total	7974,000	566			
Corrected total	4361,102	565			

a. R Squared = 0,066 (Adjusted R Squared = 0,058)

Tuloksissa "ruutu" tarkoittaa käsittelyä (jyrsintä/laikutus) ja kun lukema viimeisessä sarakkeessa (Sig.) on alle 0,050 niin silloin vaikutus on tilastollisesti merkitsevä 5 %:n riskillä.